

# 稀土水培对大豆生长的影响\*

白宝璋

(吉林农业大学农学系, 长春 130118)

R. Kastori

(Agricultural Faculty, University of Novi Sad, Yugoslavia)

## 摘 要

本文报告的是利用水培法研究稀土对大豆幼苗生长的影响。试验结果表明, 适宜浓度的稀土溶液(5和10ppm)能够促进大豆幼苗的生长, 增加株高, 扩大叶片面积, 刺激根系发育, 有利于干物质积累。同时, 稀土还能提高叶绿体内光合色素的含量, 提高比叶重。较高浓度(500ppm以上)的稀土溶液严重抑制大豆植株的生长, 甚至死亡。

**关键词** 稀土; 水培; 大豆生长

稀土是指元素周期表中的镧系元素和钇、铈等17种元素的总称<sup>[1]</sup>。关于稀土利用的问题, 国外早在本世纪40年代初就开始研究对某些农作物的影响<sup>[2-4]</sup>, 但直至目前仍处于零星的小型效应试验阶段; 国内于1972年开始引进, 对施用稀土的效应、条件、技术、机理等方面进行了较为系统的研究<sup>[5,6]</sup>。结果表明, 稀土对甘蔗<sup>[7,8]</sup>、甜菜<sup>[9-12]</sup>等糖料作物、水稻<sup>[13]</sup>、大豆<sup>[14]</sup>等大田作物及瓜类作物<sup>[15]</sup>, 能够促进生长发育, 提高生理活性、增加产量, 改善品质。

不久前, 我们曾报道, 稀土能够促进向日葵、大豆、甜菜等经济作物种子的萌发与种苗初期的生长<sup>[16]</sup>。本文报告的是, 采用水培方法研究稀土元素对大豆幼苗生长的影响。

## 材料与 方法

供试材料为南斯拉夫 Novi Sad 大学农学院大田与蔬菜作物研究所培育的大豆 NS—

\* 本文于1992年12月8日收到。  
This paper was received on Dec. 8, 1992.

9. 供试稀土为河南商丘冶炼化工厂生产的“农乐”牌(NL-1)硝酸稀土。

本试验采用荷格兰德(Hoagland)氏营养液进行水培。按营养液中所含稀土的浓度(ppm)共分为6个处理:0(对照)、5、10、50、100、500等。

挑选籽粒饱满、大小均匀一致的大豆种子播于砂基中,置温箱内于 $25 \pm 0.1^\circ\text{C}$ 下催芽。当子叶钻出砂层时移入温室进行照光,当苗高4—5cm时分别移栽至上述处理的营养液中,每盆6株。然后置于温室中,在自然光照下生长。每隔7—10天更换1次营养液。

当植株处于第1片三出叶期和刚进入分枝期时,分别测量株高、叶片面积(其中包括子叶面积)、根长与根系体积及干重,采用乙醇—丙酮混合液(1:1,v/v)浸泡叶片<sup>[17]</sup>,按照Holm等的公式<sup>[18]</sup>计算叶绿体中各种光合色素的含量,并测定比叶重<sup>[19]</sup>。

本试验中的各个处理均为3次重复,每次重复6株。

## 结果与分析

### (一)稀土对大豆幼苗植株生长的影响

总起来说,在所研究的生育期内,适宜浓度(5—50ppm)的稀土溶液能够促进大豆幼苗植株的生长,使得茎秆粗壮、茎叶繁茂、叶子肥大、叶色深绿、根系发达、须根密生(图1)。



图1 稀土对大豆幼苗生长的影响

Fig. 1 Effect of rare earth on growth of soybean young plants

处理浓度(自左至右):0,5,10,50,100,500ppm

treating concentration(from left to right):0,5,10,50,100,500ppm

从试验结果(表1)可以看出,在稀土浓度为5、10、50ppm的荷格兰德氏营养液中栽培的大豆植株,其生长均超过对照。这表现在株高增加(第1片三出叶期,分别提高为19.4%、14.03%、9.09%;分枝期分别提高15.88%、17.93%和6.58%),叶片面积扩大(第1片三出叶期,分别增加16.74%、9.38%、和4.15%;分枝期则分别增加12.84%、16.05%和4.71%),根系体积增加(第1片三出叶期,分别增加17.24%、10.34%和5.

75%;分枝期分别增加13.01%、19.92%和6.50%)。这与稀土拌种大豆<sup>[14]</sup>、浸种甜菜<sup>[20]</sup>所得到的结果相类似。

但应该指出的是,生育期不同,对大豆幼株生长最适宜的稀土浓度亦有所不同。例如,在第一片三出叶期,最适宜的浓度偏低些,为5ppm;而在分枝期,最适宜的浓度则略高些,为10ppm。此外,就100ppm而言,在第一片三出叶期,对大豆幼株的生长表现出轻度的抑制作用;当到分枝期时,株高、叶片面积和根系体积接近于对照或者略高些(表1)。所有这些则是因为,随着生育期演进,植株对稀土浓度的敏感性降低,或者说适应能力提高。至于500ppm实属浓度太高,已超过了大豆植株的耐受力,因而株体矮,叶片小,无须根,主根甚至腐烂死亡。

表1 稀土对大豆植株生长的影响

Table 1 Effect of rare earth on growth of soybean plants

	浓 度(ppm) Concentration (ppm)					
	0	5	10	50	100	500
第一片三出叶期 The 1st ternate leaf stage						
株高 (cm·株 <sup>-1</sup> ) Length (cm·plant <sup>-1</sup> )	16.39	19.57	18.69	17.88	14.35	7.25
叶片面积 (cm <sup>2</sup> ·株 <sup>-1</sup> ) Leaf area (cm <sup>2</sup> ·plant <sup>-1</sup> )	49.89	58.24	54.57	51.96	43.28	6.66
子叶面积 (cm <sup>2</sup> ·株 <sup>-1</sup> ) Cotyledon area (cm <sup>2</sup> ·plant <sup>-1</sup> )	3.01	3.39	3.22	3.11	2.51	2.06
根 长 (cm·株 <sup>-1</sup> ) Eoot length (cm·plant <sup>-1</sup> )	15.14	18.78	17.42	16.40	12.66	5.61
根系体积 (cm <sup>3</sup> ·株 <sup>-1</sup> ) Root volume (cm <sup>3</sup> ·plant <sup>-1</sup> )	0.87	1.02	0.96	0.92	0.78	0.18
分 枝 期 Branching stage						
株高 (cm·株 <sup>-1</sup> ) Length (cm·plant <sup>-1</sup> )	23.86	27.65	28.14	25.43	23.89	
叶片面积 (cm <sup>2</sup> ·株 <sup>-1</sup> ) Leaf area (cm <sup>2</sup> ·plant <sup>-1</sup> )	167.30	188.18	194.15	175.18	168.87	
根系体积 (cm <sup>3</sup> ·株 <sup>-1</sup> ) Root volume (cm <sup>3</sup> ·plant <sup>-1</sup> )	2.46	2.78	2.95	2.62	2.43	

## (二)稀土对大豆植株干物质积累的影响

大豆植株在所研究生育期的各部分干重测定结果列于表2。从表中数据可以看出,在适宜浓度(5—50ppm)的稀土溶液中生长的大豆植株,其茎秆、叶片、根系的干重均超过了对照,这说明稀土能够促进株体干物质的积累。这与用稀土溶液喷洒甜菜叶片得到的结果相同<sup>[20]</sup>。与对植株生长的影响一样,生育期不同,最适稀土浓度亦略有变化。例如,在第一片三出叶期,最适稀土浓度为5ppm,干物质积累最高,大豆茎秆、叶片、根系乃至全株的干重比对照增加的幅度在18.15—19.13%;而在分枝期,最适稀土浓度为10ppm,大豆植株各部分干重增加的幅度在3.11—14.57%。但是,从表2的数据还可以看出,尽管在第一片三出叶期,干物质增加的幅度较大,然而各个处理(500ppm除外)冠/根的比值基本上与对照一致(对照为3.22,处理为3.24—3.28),这说明此时大豆株体各部分的干物质

积累是均衡的;可是在分枝期,在适宜浓度(5—50ppm)范围内,冠根的比值提高(幅度在3.42—5.60%)由此说明稀土明显地促进地上部分生长与干物质积累。这对于尽快地增加叶面积指数,扩大光合面积是十分有益的。同样,在甜菜也看到了稀土能够改变光合产物分配的现象<sup>[21]</sup>。

表2 稀土对大豆植株干物质积累的影响(mg·株<sup>-1</sup>)

Table 2 Effect of rare earth on dry matter accumulation of soybean plants (mg·plant<sup>-1</sup>)

	浓 度(ppm) Concentration (ppm)					
	0	5	10	50	100	500
第一片三出叶期 The 1st ternate leaf stage						
茎干重 Stem DW	89.89	106.67	104.74	98.61	80.45	39.92
叶干重 Leaf DW	128.46	153.27	146.69	134.25	118.18	69.69
根干重 Root DW	67.84	80.15	76.67	71.58	62.33	19.84
全株干重 Total plant DW	286.19	340.09	328.10	304.44	266.96	128.45
冠/根 Crown/root	3.22	3.24	3.28	3.25	3.28	5.46
分 枝 期 Branching stage						
茎干重 Stem DW	374.86	423.89	439.51	412.65	376.96	
叶干重 Leaf DW	396.47	454.22	469.86	411.53	397.48	
根干重 Root DW	188.66	203.95	215.89	194.72	187.31	
全株干重 Total plant DW	959.99	1082.15	1125.16	1018.90	961.75	
冠/根 Crown/root	4.09	4.31	4.21	4.23	4.13	

### (三)稀土对大豆叶绿体内光合色素含量的影响

测定结果(表3)表明,利用稀土水培能够提高大豆叶绿体内各种光合色素的含量。其中,5和10ppm提高的幅度显著;在第一片三出叶期,总叶绿素比对照提高6.80~10.49%,类胡萝卜素则提高7.46~10.15%;而在分枝期,这两类色素比对照分别提高14.80~19.78%和10.52~14.24%。两个生育期相比,分枝期比第一片三出叶期提高的幅度更大。据文献报道,利用稀土拌种使大豆<sup>[14]</sup>和采用稀土浸种使甜菜<sup>[20]</sup>也都提高了叶绿素的含量。

从表3中的数据还可以看出,在含稀土的荷格兰德氏营养液中培养时改变了各种色素含量间比例,在第一片三出叶期,与对照相比基本上相同或者略高一些,但是进入分枝期,则趋向于变大,说明稀土促进叶绿素(尤其是叶绿素a)的含量提高,因而使得叶色深绿。这十分有利于光能的吸收、传递与转换。

### (四)稀土对大豆比叶重的影响

所谓比叶重就是单位叶片面积的干重<sup>[19]</sup>。比叶重可以很好地反映出植物的光合及其产物积累的状况。从测定结果可以看出,利用含稀土的荷格兰德氏营养液栽培大豆,各个处理均不同程度地提高了比叶重(图2)。其中,在第一片三出叶期,5ppm处理浓度的最显著,比叶重达到201.53mg·dm<sup>-2</sup>(比对照提高8.00%);进入分枝期,10ppm的最显著,比叶重为279.85mg·dm<sup>-2</sup>(比对照提高14.06%)。利用稀土溶液浸泡甜菜种子时也得到

类似结果<sup>[20]</sup>。由此说明稀土能够促进作物的光合作用。

表3 稀土对大豆叶绿体内光合色素含量( $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-2}$ )的影响

Table 3 Effect of rare earth on photosynthetic pigment content ( $\text{mg dm}^{-2}$ ) in chloroplast of soybean

色素 Pigment	浓度(ppm) Concentration (ppm)					
	0	5	10	50	100	500
第一片三出叶期 The 1st ternate leaf stage						
叶绿素a Chl. a	1.3703	1.5312	1.4768	1.4418	1.3745	2.2748
叶绿素b Chl. b	0.4064	0.4319	0.4207	0.4191	0.4071	0.6372
叶绿素a+b Chl. a+b	1.7767	1.9631	1.8975	1.8609	1.7816	2.9120
a/b	3.37	3.38	3.55	3.44	3.51	3.57
类胡萝卜素 Carotoid	0.5535	0.6097	0.5948	0.5813	0.5596	0.8960
叶绿素/类胡萝卜素 Chl./carotinoid	3.21	3.22	3.19	3.20	3.18	3.25
分枝期 Branching stage						
叶绿素a Chl. a	1.4871	1.7491	1.8114	1.5935	1.5421	
叶绿素b Chl. b	0.4751	0.5037	0.5389	0.4797	0.4673	
叶绿素a+b Chl. a+b	1.9622	2.2528	2.3503	2.0732	2.0094	
a/b	3.13	3.47	3.36	3.32	3.30	
类胡萝卜素 Carotoid	0.6350	0.7018	0.7254	0.6479	0.6157	
叶绿素/类胡萝卜素 Chl./carotinoid	3.09	3.21	3.24	3.20	3.26	

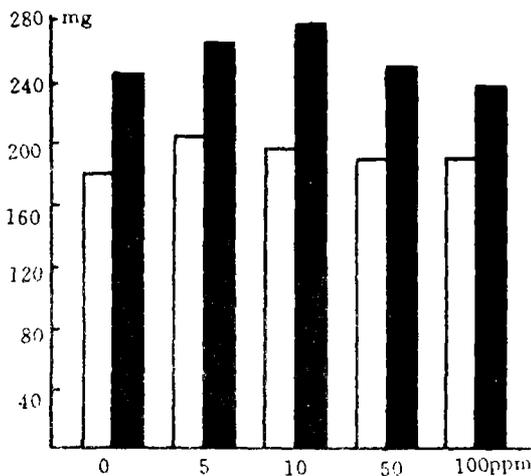


图2 稀土对大豆幼苗比叶重的影响

(□—第一片三出叶期, ■—分枝期)

Fig. 2 Effect of rare earth on specific leaf weight of soybean young plants

(□—the 1st ternate leaf stage, ■—branching stage)

关于稀土促进作物生长、增加干物质积累、提高叶绿素体内光合色素含量的机理问

题,目前尚不完全清楚。但是,根据现有资料可以发现,稀土能够提高硝酸还原酶和过氧化物酶的活性<sup>[5,6]</sup>,促进根系对 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{PO}_4^{3-}$ 和 $\text{K}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 等无机离子的吸收<sup>[5,6]</sup>,因而改善了作物的营养状况;稀土能降低甘蔗的吲哚乙酸氧化酶活性<sup>[22]</sup>,这样就减弱了内源吲哚乙酸(即生长素)的破坏速率,从而有利于生长。当然,有些机理尚需逐步深化。

### 参 考 文 献

- [1] 白宝璋、史芝文:(1992),植物生理学,中国科学技术出版社,第45页
- [2] И. Д. Бурнман-Старынкевич и др (1941), Докл. АН СССР, 30:227~231
- [3] А. А. Дробков(1941): Докл. АН СССР, 32:667~669
- [4] W. O. Robinson (1943); Soil Sci., 56(1):1~6
- [5] 宁加贵(1983);湖南农业科学,2:27-30
- [6] 湖南省稀土农用协作组(1984);湖南农业科学,6:26-30
- [7] 湖南省农科院稀土农用研究中心(1985);湖南农业科学,1:48-49
- [8] 宁加贵等:(1985),湖南农业科学,2:13-16
- [9] 解惠光等:(1984),甜菜糖业—甜菜分册,2:33-39
- [10] 荣祥生:(1987),北大荒农业,1:30-31
- [11] 白宝璋:(1988),中国甜菜,1:20-22
- [12] 白宝璋等:(1988),中国甜菜,2:31-32
- [13] 黄志强等:(1983),湖南农业科学,4:43-44
- [14] 陈树良等:(1987);吉林农业科学,4:41-42
- [15] 邵东县经济作物站:(1985),湖南农业科学,2:43
- [16] Bai Baozhang (白宝璋) et al. (1988) Soil and Plant. 37(3):207-215 (Belgrade)
- [17] 白宝璋等:(1987),吉林农业科学,4:77-80
- [18] M. Saric et al. (1986);Praktikum iz Fiziologije Biljaka. Naučna Ranjiga, pp. 53-54
- [19] 苗以农等:(1982),大豆科学,1:1-8
- [20] 白宝璋等:(1989),中国甜菜,1:10-12
- [21] 田文勋等:(1988),中国甜菜,4:22-26
- [22] 潘廷国等:(1990),福建农学院学报,2:144-147

**EFFECT OF RARE EARTH ON GROWTH OF SOYBEAN  
PLANTS BY WATER CULTURE**

Bai Baozhang

*(Agronomy Department, Jilin Agricultural University, Changchun, 130118)*

R. Kastori

*(Agricultural Faculty, University of Novi Sad, Yugoslavia)*

Abstract

This article reports about the effect of rare earth on growth of soybean plants by water culture. The experimental results showed that the optimum concentration of rare earth (5 and 10 ppm) can promote the growth of soybean plants, increase plant length and leaf area and stimulate the growth of root system and accumulation of dry matter. Besides, rare earth increased photosynthetic pigment content in chloroplast and leaf specific weight.

**Key words** Rare earth; Water culture; Soybean growth